

“新工科”背景下基于工程思维培养的 “化工原理”课程重构研究

陕洁*, 柳傲雪, 万声蒲

昌吉学院化学与化工学院, 新疆 昌吉

收稿日期: 2026年4月6日; 录用日期: 2026年5月8日; 发布日期: 2026年5月14日

摘要

在“新工科”建设背景下, 针对化工原理课程教学中存在的教学内容滞后、理论与实践脱节、学生工程思维薄弱等问题, 本文以工程思维培养为核心, 系统探讨了化工原理课程的重构路径。本文通过分析当前课程教学现状, 提出“原理-设备-过程-操作”四位一体的知识框架, 并设计“发展、选择、设计、操作”四维教学目标, 将单元操作知识点串联成完整的工程认知链条。在此基础上, 构建“四位一体”多元协同教学体系。该课程重构方案能够有效促进学生从知识学习到工程思维的跃迁, 显著提升学生的工程实践能力和创新素养, 为新工科背景下化工类核心课程的改革提供了可借鉴的实践路径。

关键词

“新工科”建设, 化工原理, 课程重构

Research on the Reconstruction of the “Principles of Chemical Engineering” Course Aimed at the Cultivation of Engineering Thinking in the Context of “New Engineering Education”

Jie Shan*, Aoxue Liu, Shengpu Wan

College of Chemistry and Chemical Engineering, Changji College, Changji Xinjiang

Received: April 6, 2026; accepted: May 8, 2026; published: May 14, 2026

*通讯作者。

文章引用: 陕洁, 柳傲雪, 万声蒲. “新工科”背景下基于工程思维培养的“化工原理”课程重构研究[J]. 教育进展, 2026, 16(5): 660-669. DOI: 10.12677/ae.2026.165905

Abstract

In the context of “New Engineering Education” development, this paper addresses issues such as outdated teaching content, a disconnect between theory and practice, and weak engineering thinking among students in the teaching of Principles of Chemical Engineering. With the cultivation of engineering thinking as the core, this paper systematically explores the reconstruction path of the Principles of Chemical Engineering course. By analyzing the current status of course teaching, this paper proposes a four-in-one knowledge framework of “principles - equipment - process - operation” and designs four-dimensional teaching objectives of “development, selection, design, and operation”, connecting unit operation knowledge points into a complete engineering cognitive chain. On this basis, a “four-in-one” diversified collaborative teaching system is constructed. This course reconstruction plan can effectively facilitate students’ transition from knowledge learning to engineering thinking, significantly enhance their engineering practical ability and innovative literacy, and provide a practical path for reference in the reform of core chemical engineering courses in the context of New Engineering.

Keywords

Construction of “New Engineering Education”, Principles of Chemical Engineering, Course Reconstruction

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

化工原理是我校化学工程与工艺、能源化学工程等专业的一门核心基础课程，主要研究化工过程中各种物理加工过程，主要研究化工过程中涉及的流体流动、传热、精馏、吸收、干燥等单元操作及其设备，是衔接物理化学、分析化学等基础课如和化学工艺学、化工设备基础等专业课之间的桥梁。其教学质量直接关系到专业教育的质量和学生的未来发展[1]。当前，随着化工行业的快速发展，新技术、新工艺、新业态不断涌现，对化学工业领域的工程技术人才的知识水平、创新能力、实践技能、社会责任感等提出了更高的要求。除此之外，随着国家经济社会发展和制造业转型升级，特别是信息化与工业化的深度融合，对创新型、综合型、应用型工程技术人才的需求日益增加，而传统工科教育已难以完全满足新一轮科技革命和产业变革的需求。

因此，教育部积极推进“新工科”建设，强调工程教育与产业需求紧密结合，全面提升工程教育质量，以更好地满足国家战略发展的需要[2]。在此背景下，对于工科专业学生的教学，应更加注重对他们实践能力的培养、个性化学习及创新能力的提升。“新工科”理念要求工科教学更加注重实践能力、个性化学习与创新能力的提升，使学生能够掌握物料衡算、热量衡算、过程速率与极限等基本专业知识，并具备设备设计与选型、工程项目设计等综合能力[3]，到达“具备化学工程与工艺专业基础知识，并能用于解决化学工程领域工程问题”的化学工程师应具有的基本能力。

然而，当前化工原理教学仍存在若干突出问题。一方面，教学内容更新滞后，与实际应用脱节，偏重理论知识灌输，忽视对真实工程问题的引导；另一方面，教材内容落后于化工、制药等行业的快速发展，缺乏对新技术、新设备的介绍，导致学生对行业发展趋势认识不足，职业方向感模糊，进而影响学

习积极性与创新思维的培养[4]。在理论教学方式上,当前仍以教师为中心的“满堂灌”模式为主,理论与实际结合不紧密,缺乏对学生工程思维能力的系统训练[5]。由于化工生产过程的高度复杂性,大量工程实际问题无法通过标准习题计算解决,而需要学生具备基于理论思维、分析判断的综合能力。因此,如何帮助学生不仅掌握可计算的问题求解方法,更能形成系统的工程理念与工程思维能力,成为化工原理教学改革中亟需探索的核心问题。

2. 理论基础与文献综述

2.1. 工程思维的概念界定与研究进展

“工程思维”作为工程教育领域的核心概念,近年来受到学界的广泛关注。国外学者 Koen 和 Wulf 较早提出[6][7],工程思维是在多重约束条件(如经济、环境、安全、伦理等)下做出合理工程判断与决策的能力,其核心特征在于“在不确定条件下寻求可行方案”。Koen [6]将工程思维概括为“工程方法”(Engineering Method),强调其区别于科学思维的根本在于对“最优解”与“满意解”的区分——科学追求真理意义上的最优,而工程追求约束条件下的满意。

国内学者在引入这一概念的基础上,结合新工科建设背景进行了本土化阐释。顾明远指出,工程思维是工程师面对复杂工程问题时所表现出的系统性、创造性、情境性的认知与行动方式。朱倩倩等[8]在新工科背景下对无机与分析化学课程的改革中,进一步将工程思维操作化为问题定义与分解、系统设计原则、迭代优化过程及工程伦理考量四个可教学的能力要素。

综合上述研究,本文对“工程思维”作出如下操作性界定:工程思维是面向真实、开放、复杂的工程情境,在多重约束条件下进行系统分析、权衡判断、迭代优化并做出合理决策的认知方式与问题解决能力。在化工原理课程语境下,工程思维具体表现为四个可观测的维度:系统分析能力(识别单元操作之间的耦合关系与整体流程的逻辑)、约束判断能力(识别经济、安全、环境、技术可行性等边界条件)、决策优化能力(在多种可行方案中寻求满意解)与反思迭代能力(从工程结果中学习并改进方案)。

2.2. 项目式学习的理论与实践及其在工程教育中的应用

项目式学习(Project-Based Learning, PBL)是一种以真实、开放、有意义的项目为载体,使学生在主动探究与协作中建构知识、发展能力的教学模式,其核心要素包括:项目启动(Entry Event)、已知与需知(Knows & Need to Knows)、持续探究(Sustained Inquiry)、形成性评估与修订(Checkpoints & Scaffolding)、学生自主选择(Student Voice & Choice)及最终产品展示(End Product & Presentation) [9]。

然而,现有 PBL 研究在化工原理课程中的应用存在两个关键缺口:其一,多数研究将 PBL 作为教学方法引入,但未深入探讨 PBL 各要素与工程思维各维度之间的对应关系与培养机制;其二,PBL 项目的设计往往追求“真实”,但忽视了学科知识的系统性建构,导致“做项目”与“学原理”未能有效融合。

因此,本文在吸收上述研究成果的核心理念与实践策略基础上,采用黄平清等[10]“以生为本”的教学理念与递进式教学模式的思想;借鉴李运等[11]“学-研-创-用”的教学逻辑与案例教学的具体方法;采纳递进式教学路径作为课程设计的组织框架;吸收 PBL 的核心要素作为教学活动的设计蓝本。

2.3. 本文主要创新点

相较于已有研究,本文的主要贡献在于以下三个方面:

第一,概念操作化层面的贡献。本文在系统梳理国内外工程思维研究的基础上,结合化工原理课程的特点,将“工程思维”这一相对抽象的概念操作化为系统分析、约束判断、决策优化、反思迭代四个可

教、可学、可评的维度。这一操作化框架弥补了现有化工原理课程改革研究中“谈工程思维多、界定工程思维少”的不足，为课程目标的具体化与教学效果的评价提供了概念基础。

第二，教学模式整合层面的贡献。本文提出“工程思维驱动的项目式学习”框架，将工程思维的四维度作为课程目标的核心，并以此为主线设计与之匹配的项目式学习路径。相较于现有研究中工程思维培养与PBL应用的“两张皮”现象，本方案实现了“目标-内容-方法-评价”的系统整合：每个单元操作的教学均以工程思维的某一维度为焦点，通过PBL的特定要素加以落实，使工程思维训练贯穿课程始终而非附加于课程之外。

第三，课程与行业对接层面的贡献。本方案强调PBL项目的“学科丰富性”与“行业真实性”的统一。一方面，通过“内容故事线”的设计确保单元操作的核心概念得到系统建构；另一方面，通过引入能源、化工、制药等领域的最新工程案例与真实问题，使学生在项目中接触行业发展前沿。这种设计回应了“双碳”目标与新工科建设对化工人才培养的时代要求，也解决了现有教材内容滞后于行业发展的突出问题。

3. 新工科背景下的教学改革措施：以工程思维培养为核心的系统重构

3.1. 重构教学内容体系，夯实工程思维基石

工程思维的建立始于对知识体系的系统性认知[12]。目前化工原理课程教学内容主要是围绕各单元操作展开，每个单元操作包含过程和设备两部分，而在教学过程中存在着重过程轻设备的问题。在今后的教学中，要求学生对单元操作掌握“发展、选择、设计和操作”四个方面。如图1所示。

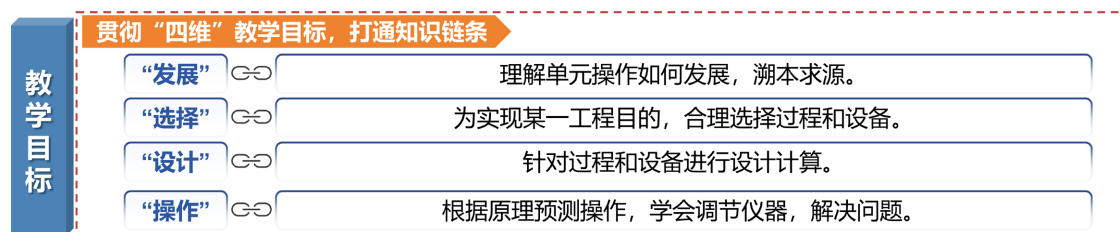


Figure 1. Schematic diagram of teaching objectives and content

图1. 教学目标包含内容示意图

“发展”维度的教学，强调引导学生追溯单元操作的形成脉络与技术演进过程，从源头上理解其诞生背景与发展逻辑，是培养创新型人才的重要基础。“选择”则围绕具体工程目标，引导学生对工艺流程与设备类型进行合理评估与组合，提升其工程决策能力。“设计”聚焦于过程和设备的参数确定与结构计算，尤其强调在缺乏必要设计数据时，能够通过设计合理的实验获取可靠参数，从而打破纯理论推演的局限。“操作”面向工程实际运行场景，要求学生能够运用基本原理预测装置性能，识别操作过程中可能出现的异常现象，分析其原因并提出调节策略，提升运行保障能力。

以化工原理课程中的流体流动、换热与精馏三大核心单元操作为例，表1展示了围绕“发展、选择、设计、操作”四个维度所构建的教学内容体系。通过这一框架，相关知识不再孤立呈现，而是以工程逻辑为主线，串接为系统化的学习路径。整体来看，“发展”维度使学生不仅掌握“如何做”，更理解“为何如此”，揭示设备进化的内在逻辑；“选择”维度促成理论与工程实际的深度融合，培养学生在复杂条件下的择优能力；“设计”维度突出实验对设计的支撑功能，强化理论与实践的双向互动；“操作”维度回归工程本质，关注装置运行中的稳定性、经济性与安全性。四个维度相辅相成，将原本零散的公式推导与计算内容整合为“背景认知-决策分析-设计实施-运行维护”的完整工程链条，有效训练学生系统化的工程思维方式。

Table 1. Teaching content design for “four-dimensional” teaching objectives

表 1. “四维” 教学目标的教学内容设计

单元操作名称	教学目标	教学内容	教学点
流体流动	发展(溯源与演变)	从人类早期的流体输送需求切入, 介绍古代提水工具(如桔槔、龙骨水车)的雏形, 再到近代高速离心泵的演进历程。	揭示泵的技术进步始终围绕解决“扬程”与“流量”这对核心矛盾。例如, 蒸汽机时代对高压锅炉供水的需求, 直接催生了多级泵的发明。 引导学生认识: 当现有设备无法满足工艺指标时, 工程师如何通过改进叶轮水力模型或增加级数来实现技术突破。
	选择(选型与组合)	给定一个工程任务(如将某粘度较高、含少量固体颗粒的有机物从储罐输送到反应塔顶)。	引导学生对比离心泵、齿轮泵、隔膜泵的工作原理与适用边界。通过分析介质特性(高粘度、含固)与工艺要求(流量稳定), 排除齿轮泵(磨损风险), 最终聚焦于特定结构的离心泵或螺杆泵。训练学生依据物性参数与工艺指标(扬程、流量)查阅泵样本, 做出合理的选型决策。
	设计(计算与实验)	涵盖管路系统设计与泵安装高度校核。	计算: 根据管路布局计算管路特性曲线($H_e = A + BQ^2$), 确定泵的工作点, 并校核安装高度以防止气蚀发生。 实验: 若输送介质为非牛顿流体, 教材缺乏现成的摩擦系数关联式, 则引导学生自主设计管路实验, 测定不同流速下的压降数据, 回归得出适用的摩擦系数公式, 从而获取关键设计参数, 完成泵的选型闭环。
	操作(预测与调控)	聚焦离心泵的日常运行监控与故障处理。	运用基本原理预测工况变化。例如, 出口阀关小时流量、扬程、轴功率的响应; 吸入管路堵塞时真空表与压力表读数的异常波动。 调控策略: 讲解气蚀现象(振动、异响)的识别与判断, 阐述通过“关小出口阀”调节流量的原理(改变管路特性曲线), 并对比旁路调节的能耗差异, 强调其经济性优势。
换热	发展(溯源与演变)	从早期的夹套式、蛇管式换热器入手, 分析其换热面积受限、不易清洗维修等技术痛点。	结合 19 世纪工业革命后生产规模扩大的背景, 讲解工程师为在有限空间内获取更大换热面积, 如何发明“管板”结构, 将多根管子集成于壳体内, 从而催生了列管式换热器。引导学生思考浮头式、U 形管式等结构出现的必然性——正是为了解决热膨胀应力问题而进行的技术迭代。
	选择(选型与组合)	给定工艺条件: 需采用循环冷却水对高温腐蚀性工艺气体进行冷却, 并要求严格控制管壁温度以防结垢。选择合适的换热器型号。	引导学生进行多维度选型: 基于介质腐蚀性, 确定气体走管程(便于采用耐腐蚀材料); 根据冷却要求, 确定冷却水流经壳程; 为控制壁温, 探讨是否需要采用多台换热器串联或并联的配置方式; 结合冷热流体温差大小, 在固定管板式与浮头式之间做出选择(温差大时需选用浮头式以消除热应力)。
	设计(计算与实验)	核心任务是换热面积的确定。	计算: 运用传热速率方程 $Q = KA\Delta t_m$ 进行初步设计。实验: 引导学生认识到总传热系数 K 值的估算往往存在较大偏差, 特别是壳程给热系数难以准确计算。指导学生设计小型实验换热器, 通过实测总传热系数反推壳程给热系数, 以此修正设计结果, 实现“计算”与“实验”的有机结合。
	操作(预测与调控)	关注换热器的运行状态监控与调节。	异常诊断: 运用传热原理分析异常现象。例如, 冷却水出口温度与工艺气体出口温度同时升高, 可能源于冷却水量不足或管程结垢导致热阻增加; 若两侧压差急剧上升, 则需排查流体短路、堵塞或局部冻结等故障。调节方法: 讲解如何通过调节冷却水流量或旁路开度, 精准控制工艺流体的出口温度。

续表

蒸馏	发展(溯源与演变)	追溯从最简单的蒸馏釜(单级分离)到釜式间歇精馏(多级汽化冷凝),再发展为连续精馏塔的技术演进路径。	阐释“理论板”这一概念的提出,如何将复杂的传质传热过程抽象为可计算的数学模型,推动精馏技术从经验操作走向工程科学。 引导学生讨论:随着石油化工对分离精度要求的不断提高,塔板结构经历了从筛板、泡罩塔板到高效浮阀塔板的持续优化过程。
	选择(选型与组合)	设定分离任务:从乙醇-水混合物中获得高浓度塔顶产品,物系存在共沸点。选择合适的精馏塔型号。	过程选型:指出普通精馏难以突破共沸组成,引导学生思考是否需要引入特殊精馏技术,如萃取精馏或变压精馏。 设备选型:若处理量较大且物料易结焦,倾向于选择板式塔(便于清洗);若物料热敏性强,则应选用填料塔(压降低)。训练学生根据物性特征(如发泡性、清洁度)与工艺要求进行综合权衡。
	设计(计算与实验)	根据选型步骤的生产工艺条件完成精馏塔的工艺设计。	计算:通过物料衡算、 q 线方程与操作线方程,采用图解法或简捷法求解理论塔板数。 实验:设计的关键在于获取准确的相平衡数据。当处理未知复杂物系且教材数据缺失时,引导学生搭建小型平衡釜,通过实验测定不同组成下的沸点与汽液相平衡数据,回归得到相对挥发度,再将此实验数据用于后续设计计算,实现“数据缺失则实验获取”的完整设计闭环。
	操作(预测与调控)	侧重精馏塔的故障诊断与运行调节。	工况预测:运用精馏原理分析操作变量变化的影响,例如回流比增大时塔顶产品质量与能耗的响应规律。异常分析:讲解“液泛”(压降剧增、塔釜液位波动)、“漏液”(塔板效率骤降)、“雾沫夹带”等现象的产生机理与外在表现。例如,当塔釜加热量过大导致上升气速过高时,会引发严重的雾沫夹带,反而降低分离效率。 调控训练:针对产品不合格的不同情形,训练学生判断应调节回流比、再沸器加热量,还是调整进料位置。

3.2. 重塑教学路径：以工程逻辑串联知识与能力

在具体教学过程中,摒弃“面面俱到、照本宣科”的灌输式教学,确立“过程分析→概念精讲→过程数学描述→实例分析”的教学路径,如图2所示。

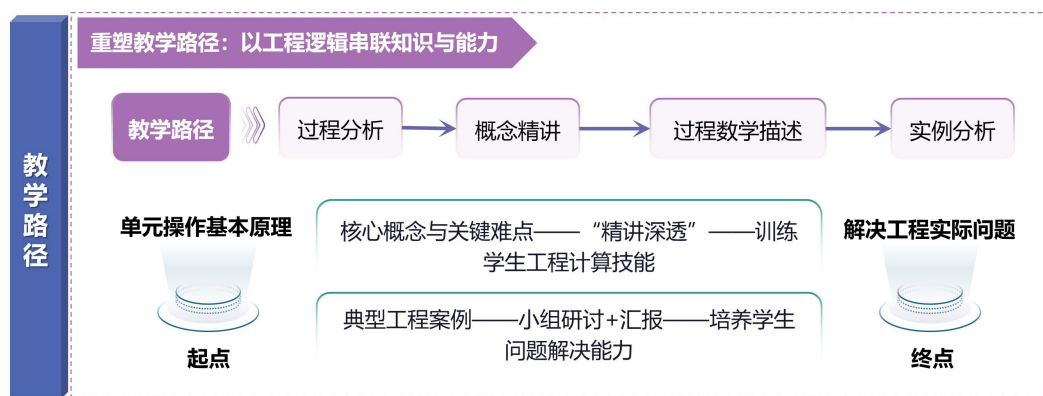


Figure 2. Schematic diagram of the design idea of “teaching path”

图2. “教学路径”设计思路示意图

该路径以单元操作的基本原理为逻辑起点,以解决实际工程问题为最终落脚点,引导学生在理解物理过程的基础上掌握数学工具,最终回归工程应用场景。针对课程中的核心概念与关键难点,可以采取

“精讲深透”的教学策略。具体而言，通过设置课前导学环节，引导学生围绕相关问题开展先期讨论，形成初步的感性认识；在课堂教学中，则深入剖析这些难点背后的物理本质与数学逻辑，帮助学生完成从感性认知到理性设计的思维跃迁。

化工原理课程的教学目标具有双重内涵：一方面要求学生掌握工程定量计算的方法与技能，另一方面也着力培养学生的工程观点与设计能力[5]。为此，在教学全过程中需要有意识地强化工程意识的渗透，向学生反复传递工程观念的核心要义，即“可行、安全、经济”——具体而言，是指理论工艺上的可行性、操作运行中的安全可靠，以及技术方案的经济合理性。

为实现上述课程目标，可以在课程教学中增设专题设计讨论环节。具体做法是：选取具有代表性的典型工程案例作为题目，要求学生以小组形式在课下开展研讨与设计，并最终在主题报告的形式在课堂上进行汇报展示[13]。这一教学环节不仅增进了学生之间的交流与协作，更重要的是使学生在真实工程问题的分析与解决过程中，逐步建立起系统的工程思维，增强了工程意识与实践能力。

3.3. 整合教学资源，以“四位一体”赋能学生个性与发展

在“新工科”建设持续推进的背景下，化工原理课程的改革不止于知识体系的更新换代，更核心的任务是如何将工程思维的培养真正落地，贯穿教学全过程[14]。针对传统教学中理论讲授与实践应用脱节、学生工程意识薄弱等现实问题，我们对现有教学资源进行了系统整合，构建了一套以实训装置为基础、以能力提升为导向的“四位一体”多元协同教学模式。如图3所示。

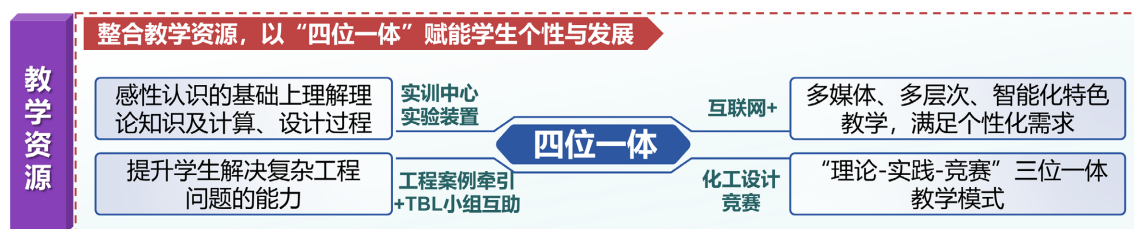


Figure 3. Schematic diagram of the “four-in-one” diversified collaborative teaching model
图3. “四位一体”多元协同教学模式示意图

① 依托实训装置，搭建理论与实践融合的教学平台

在流体输送单元的教学过程中，借助学院现有实训中心的流体输送装置，帮助学生在直观感受的基础上，理解化工生产中常见的输送方式、流体机械设备的运行原理以及管路系统中各类阀门和仪表的功能布局。

在传热内容的教学中，以新疆冬季室内供热为切入点，组织学生探讨暖气片设置于房间底部的物理逻辑，以及调控室温的可行措施。这种贴近生活的案例讨论，有助于加深学生对导热与对流传热机制的感性理解和理论把握。在换热器部分教学过程中，依托实训中心实物资源，辅以多媒体资料，引导学生观察不同类型换热器的构造特征，分析流体在其中的流动路径及热量交换过程。

针对精馏单元操作，学生可现场观察精馏塔内部结构，结合专题教学片系统了解板式塔与填料塔的设计思路，再通过典型工程案例讨论，进一步探讨设备结构对单元操作效率的影响机制。

多样化的教学手段，结合学生能够理解的工程实例，使他们在已有知识框架中建立起新的工程视角。通过“以小见大、由此及彼”的学习方式，强化工程能力与创新意识的同时，也有效激发学习兴趣，让他们意识到所学知识并非孤立存在于教材中，而是与日常生活和工业生产密切相关。

② 依托“互联网+”平台，建设智能化、个性化的教学资源体系

借助网络教学平台，建立起多层次、可互动的课程学习系统。教师可通过平台发布学习材料与思考题，学生在课堂内外均可就难点问题与教师进行线上或线下的交流讨论，从而拓展教学的深度与广度。此外，平台配备分章节练习与试题库，支持学生自主学习与在线测评，便于他们随时检验对核心知识点的掌握程度。

互联网的开放性也为学生提供了获取更多学习资源的可能。通过微信公众号、行业资讯平台等渠道，定期推送化工原理相关领域的技术进展与设备介绍，帮助学生拓展视野，加深对单元操作原理与工程结构的理解。部分学生还可自主查找最新行业案例与设备参数，进一步提升信息获取与整合能力。

③ 依托“化工设计竞赛”，构建“理论-实践-竞赛”融合的教学机制

为系统提升学生的创新思维与工程综合能力，我们引入全国大学生化工设计竞赛作为教学牵引力。该赛事由中国化工学会与中国化工教育协会共同主办，浙江省天正设计工程有限公司冠名支持，重点考察学生对复杂工程问题的理解与解决能力。如图4所示，通过组织学生参赛，将竞赛要求与化工原理理论教学、实验训练和课程设计有机结合。围绕竞赛中出现的典型工程问题，设计具有挑战性的教学任务，层层递进培养学生面对实际工况时的分析能力与应对策略，形成“理论-实践-竞赛”“三位一体”的教学过程。在这一过程中，竞赛不仅是检验学习成果的平台，更是驱动教学内容持续优化、能力培养不断深化的教学引擎[15]。

④ 依托“案例牵引+TBL小组互助”模式，强化工程思维与协作能力

针对学生理论学习能力强但工程应用意识薄的问题，设计以工程案例为主线、以小组讨论与展示为载体的教学模式，即“工程案例牵引+TBL (Team-Based Learning)小组互助”学习模式[16]。其核心目标在于引导学生将课堂知识迁移至工程实际，培养分析复杂问题和制定解决方案的能力。

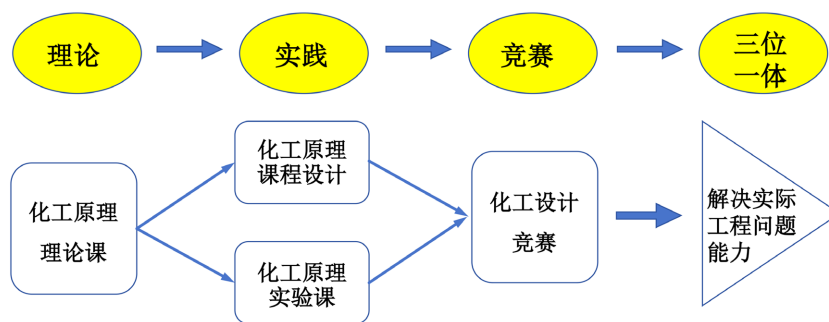


Figure 4. Schematic diagram of the “theory - practice - competition” trinity teaching model

图4. “理论-实践-竞赛”三位一体教学模式示意图

组织本院教师对我国煤化工、能源化工领域近十年具有代表性的工程项目及技术进展进行梳理与整合，并将其转化为可操作的课程单元项目。例如，从煤制甲醇工艺流程中提取甲醇精馏工段，围绕流体流动、输送机械、传热与精馏等单元操作进行任务拆解。通过明确工程应用场景，激发学生的探索兴趣与学习动力。

课程设计可以以“自主学习-小组研讨-教师引导-组内展示与组间竞争-实践拓展”为基本流程，引导学生逐步深入、层层递进。在理论学习和问题解决交替推进的过程中，既缓解了课程内容抽象带来的学习障碍，也让学生在真实情境中锻炼了工程判断力与团队协作能力。

3.4. 实施与评价：配套考核机制及挑战应对

为保障上述课程重构方案的有效落地，需要建立与之配套的考核与评价机制，并客观分析实施过程

中可能遇到的挑战及应对策略。

多元化考核评价机制设计

传统的终结性考核(如期末闭卷考试)主要侧重计算题与概念记忆,难以有效衡量“四维”教学目标中“发展”“选择”“操作”等维度的达成情况,也无法评估工程思维的系统分析、约束判断、决策优化与反思迭代能力。为此,本文计划构建过程性评价与终结性评价相结合的多元化考核体系,具体设计如表2所示。

过程性评价(占比 55%)贯穿课程始终,通过课堂表现、案例选型报告、课程设计、实训操作考核、小组互评等多种形式,持续追踪学生在“四维”教学目标各维度上的进展。其中,TBL 小组方案展示采用组间互评与教师评价相结合的方式,实训装置操作考核设置典型故障情景,要求学生现场识别并给出调节策略,直接考察“操作”维度能力。

Table 2. Design of diversified assessment and evaluation mechanism
表 2. 多元化考核评价机制设计

评价类型	评价维度	评价方式	权重	对应工程思维维度
过程性评价	“发展”维度理解深度	课堂提问、小组讨论表现、课前导学任务单	10%	反思迭代能力
	“选择”维度决策能力	案例选型报告、TBL 小组方案展示与互评	15%	约束判断、决策优化
	“设计”维度计算与实验能力	课程设计报告(含实验数据)、设计作业	15%	系统分析、决策优化
	“操作”维度运行调控能力	实训装置操作考核、故障模拟分析报告	10%	约束判断、反思迭代能力
	团队协作与工程伦理	小组互评、项目日志、伦理案例分析	5%	约束判断
终结性评价	基础知识与核心概念	闭卷考试(减少纯计算题,增加分析、综合类题目)	30%	系统分析
	综合工程能力	期末综合项目报告(含口头答辩)	15%	系统分析、决策优化、反思迭代
合计			100%	

终结性评价(占比 45%)包括闭卷考试(30%)与期末综合项目(15%)。闭卷考试减少单纯公式记忆与计算题比例,增加基于真实工程背景的分析题与综合题,例如给定工艺流程简图与操作参数,要求学生判断异常工况原因并提出解决方案。期末综合项目要求学生以小组为单位,完成一个完整的单元操作设计任务(如设计一台满足特定工艺要求的换热器),提交设计报告并进行口头答辩,综合考察系统分析与决策优化能力。

通过上述机制,工程思维的四个维度均有对应的评价点,实现了“目标-教学-评价”的闭环。

4. 结论

围绕“新工科”建设对工程人才培养提出的新要求,本文以化工原理课程为研究对象,探讨了以工程思维培养为核心的课程重构策略及其实现路径。课程改革的核心理念在于将“工程思维”贯穿教学各环节,而非仅停留在知识传授层面。通过教学内容体系的重组、教学平台的多元拓展、教学模式的创新设计,实现从知识传授向能力培养的转变。

本研究提出的课程重构方案预期对培养本校学生的工程能力带来有效提升,同时也期待为同类工科核心课程的改革提供有益参考。未来研究可进一步探索工程思维培养的评价指标体系,以及线上线下混

合式教学在工程教育中的深度应用。

基金项目

2025 年昌吉学院校级教学研究与改革项目：“新工科”背景下基于工程问题解决能力及工程思维培养的“化工原理”课程教学改革(25JYYB056)。

参考文献

- [1] 夏清, 姜峰. 化工原理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2024.
- [2] 顾佩华. 新工科与新范式: 实践探索和思考[J]. 高等工程教育研究, 2020(4): 1-19.
- [3] 李昱, 宋兰兰, 张红秀. 夯基础、强实践的化工原理教学创新初探[J]. 大学化学, 2024, 39(8): 91-98.
- [4] 贾冬梅, 张丽娟, 刘元伟, 等. 地方应用型本科高校化工原理教学改革与实践[J]. 山东化工, 2021, 50(5): 231+233.
- [5] 王婷婷, 孙初锋, 李振华, 等. 面向工程实践能力培养的“化工原理”四阶递进教学创新[J]. 大学化学, 2025, 40(7): 112-118.
- [6] Koen, B.V. (1988) Toward a Definition of the Engineering Method. *European Journal of Engineering Education*, **13**, 307-315. <https://doi.org/10.1080/03043798808939429>
- [7] Wulf, W.M. and Fisher, G.M.C. (2002) A Makeover for Engineering Education. *Issues in Science & Technology*, **18**, 35-39.
- [8] 朱倩倩, 张梓萱, 谢洪珍, 等. 新工科背景下基于工程思维培养的无机及分析化学课程改革[J]. 大学化学, 2026, 41(2): 111-118.
- [9] 耿慧远, 孙湛, 秦少华, 等. 项目式学习在新工科课程思政建设中的实践[J]. 高教学刊, 2024, 10(13): 32-36.
- [10] 黄平清, 王婷婷. 项目式学习: 面向未来的教育新思路[C]//中国教育发展战略学会教育教学创新专业委员会. 2019 全国教育教学创新与发展高端论坛论文集(卷八). 肇庆: 广东省肇庆高新技术产业开发区中心小学; 广州: 华南师范大学, 2019: 170-171.
- [11] 李运, 丁海燕. OBE 教学法指导下的化工原理实验翻转课堂教学改革[J]. 广东化工, 2020, 47(23): 131-133.
- [12] 武莉娅, 杨宗政, 郝庆兰. 新工科下“学思用进阶三促”教学模式培养解决复杂工程问题能力——化工原理课程[J]. 化学教育(中英文), 2025, 46(14): 15-20.
- [13] 张晓艳, 王晟, 王芳, 等. 新工科背景下化工原理课程“五场景, 四维度”教学模式创新与实践[J]. 化工高等教育, 2025, 42(2): 48-53+59.
- [14] 高亚辉, 冯勇, 张碧滢, 等. 聚焦学生创新能力培养的化工原理课程研究性教学改革与实践[J]. 化工高等教育, 2024, 41(4): 126-131+141.
- [15] 肖文龙, 唐茜雅, 刘四化, 等. “课创赛”三位一体下的化工原理教学改革探析[J]. 化学工程与装备, 2025(9): 135-137.
- [16] 刘红梅, 侯春娟, 韩永萍, 等. 理论学习与设计实践相互驱动的项目教学模式的构建——基于化工原理课程教学的探索[J]. 化工高等教育, 2023, 40(2): 31-36+100.